

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 417 039 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 90810645.3

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: G03B 21/20, G02B 19/00

22 Anmeldetag: 28.08.90

30 Priorität: 04.09.89 CH 3193/89

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
13.03.91 Patentblatt 91/11

64 Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB LI NL

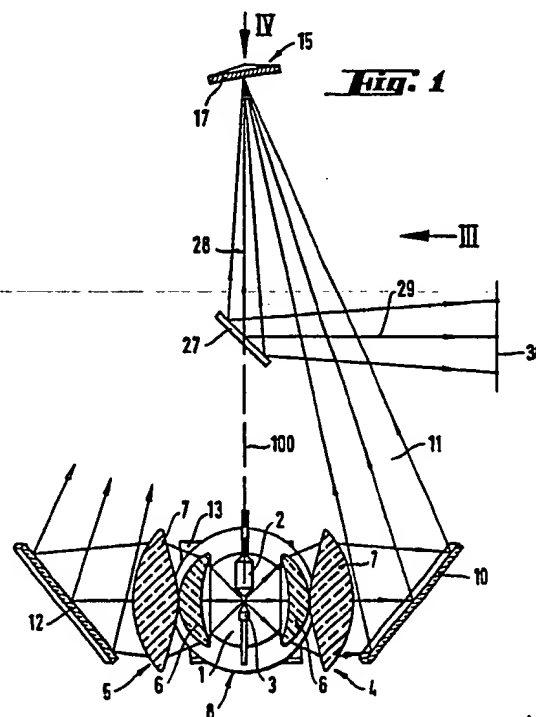
71 Anmelder: GRETAG Aktiengesellschaft  
Althardstrasse 70  
CH-8105 Regensdorf(CH)

72 Erfinder: Rhomberg, Bruno  
Zugerstrasse 18  
CH-8915 hausen(CH)  
Erfinder: Frick, Beat, Dr.  
Rosengartenstrasse 5  
CH-8107 Buchs(CH)

74 Vertreter: Kleewein, Walter, Dr. et al  
Patentabteilung CIBA-GEIGY AG Postfach  
CH-4002 Basel(CH)

64 Beleuchtungsanordnung für Projektionszwecke.

67 Bei einer Beleuchtungsanordnung für Projektionszwecke, insbesondere einen Filmprojektor oder Fernsehprojektor nach dem Eidophor-System sind um eine Lichtquelle (1) in einem würfelförmigen Gehäuse vier Kondensoren (4, 5) angeordnet, die über Umlenkspiegel (10, 12) ein Bild der Lichtquelle (1) auf mehrere räumlich benachbart angeordnete abbildende Spiegelsegmente (17) abbilden, die ihrerseits die Kondensorbilder über einen Auskoppelspiegel (27) auf ein Bildfenster (30) der Projektionsoptik übereinander abbilden.



EP 0 417 039 A1

## BELEUCHTVORRICHTUNG FÜR PROJEKTIONSZWECKE

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsvorrichtung für Projektionszwecke, insbesondere für einen Filmprojektor oder Fernsehbildprojektor nach dem Eidophor-System, mit einer rundum strahlenden Lichtquelle, um die auf einer die Lichtquelle in deren Strahlungszentrum schneidenden Ebene mehrere mit ihren optischen Achsen zur Lichtquelle ausgerichtete Kondensoren sowie den Kondensoren jeweils zugeordnete, um eine quer zum Lichtweg in der Ebene verlaufende Achse gekippte Ablenkspiegel angeordnet sind, durch die mehrere Abbildungen der Lichtquelle auf einer in Abstand von der Ebene durch die Lichtquelle vorgesehenen benachbarten abbildenden optischen Komponenten aufweisenden Sekundärlichtquellenfläche erzeugbar sind, der eine Optik zugeordnet ist, durch die das Licht der Sekundärlichtquellenfläche zum Bildfeld sowie zur Eintrittspupille einer im Strahlengang nachgeordneten Projektionsoptik gelangt und durch die die Bilder der Kondensoren in die Bildfeldebene übereinander und gegenseitig verdreht abgebildet werden.

Eine derartige Beleuchtungsvorrichtung ist aus der DE-A1-1 547 414 bekannt und verfügt als lichtstarke Lichtquelle über eine Xenon-Gasentladungslampe, die in der Nähe ihrer Kathode am hellsten leuchtet. Um die im wesentlichen stabförmige Xenon-Gasentladungslampe sind in Draufsicht im Quadrat vier Kondensoren angeordnet. Die Kondensoren bestehen jeweils aus einer sphärischen Linse und einer weiteren Linse.

Das aus den Kondensoren in vier rechtwinklig zueinander verlaufenden Richtungen austretende Licht wird jeweils mit Hilfe eines Ablenkspiegels nach Innen in Richtung der Verlängerung der Achse der Lichtquelle umgelenkt und erreicht vier sich dachförmig einander berührende Feldlinsen, in denen durch die Kondensorlinsen Abbildungen der Lichtquelle erzeugt werden. Die vier Abbildungen der inhomogen strahlenden Lichtquelle bilden dabei in den Feldlinsen eine Sekundärlichtquelle mit einer sternförmigen Helligkeitsverteilung, wobei die hellsten Teile der Abbildungen möglichst nahe bei der optischen Achse liegen. Die optische Achse liegt im Scheitelpunkt der Grenzen zwischen den vier einander berührenden Feldlinsen. Daher ist die bekannte Vorrichtung so justiert, daß die hellsten Bereiche der Lichtbogenbilder in der Nähe der in Draufsicht dreieckförmigen Feldlinsenberandungen liegen. Da die genaue Lage der hellsten Bereiche kritisch ist, führen geringe örtliche Verschiebungen des Lichtbogens zu störenden Helligkeitsschwankungen in der nachgeordneten Optik.

Von der Feldlinsen werden die Kondensorlinsen in ein Bildfenster abgebildet, dem eine Bildfen-

sterlinse zugeordnet ist, die ein Muster der sternförmigen Sekundärlichtquelle in der Projektionsoptik erzeugt. Auf diese Weise soll erreicht werden, daß der Außenumfang des sternförmigen Musters der Lichtquellenabbildungen sich weitgehend der Kreisform der Eintrittspupille der Projektionsoptik annähert, um eine gute Ausnutzung der Pupille zu erreichen. Wenn jedoch statt eines quadratischen Bildfeldes und einer runden Pupille eine elliptische Pupillenform vorliegt, wie dies beispielsweise der Fall ist, wenn ein Barren-System einer Schlierenoptik für einen Eidophorprojektor die kreisförmige Pupille der Projektionsoptik in eine Ellipse verformt, ergibt sich bei der bekannten Beleuchtungsvorrichtung ein besonders störender Intensitätsverlust.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die sich durch eine hohe Lichtausbeute, eine geringe Empfindlichkeit gegenüber örtlichen Verschiebungen des Lichtbogens sowie eine gute Anpassbarkeit an unterschiedliche Pupillenformen auszeichnet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die in der Sekundärlichtquellenfläche vorgesehenen optischen Komponenten als benachbarte Segmente ausgebildet sind, die entlang ihren Berandungen gegenseitig verschränkt sind, und daß die Ablenkspiegel bezüglich der von den optischen Achsen der Kondensoren aufgespannten Ebene um Achsen gekippt sind, die den Verschränkungen der zugeordneten Segmente ebenfalls gegeneinander verschränkt sind.

Dadurch, daß die Ablenkspiegel das einfallende Licht nicht in Richtung des Lotes auf die Mitte der von den optischen Achsen der Kondensoren aufgespannten Ebene, sondern seitlich versetzt ablenken, erzeugen die Kondensoren durch Abbilden der Lichtquelle eine Sekundärlichtquelle, die unter Berücksichtigung der Helligkeitsverteilung im Lichtbogen und der Form der Eintrittspupille der nachfolgenden Optik bezüglich ihrer Form und Ausleuchtung leicht optimiert werden kann.

Wenn als Lichtquelle eine Xenon-Kurzbogenlampe verwendet wird, und die Pupille der dem Beleuchtungssystem nachfolgenden Optik eine Kreisform hat, so bestehen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung die benachbarten Segmente aus sphärischen Spiegelementen, die jeweils durch Vierteln eines sphärischen Spiegels entstehen und propellerartig oder windflügelartig gegeneinander verschränkt unmittelbar benachbart angeordnet sind. Die Spiegelemente oder Spiegelsegmente weisen dabei in radialer Richtung jeweils die gleichen Richtungen wie die optischen Achsen durch die Kondensoren und die zugeordnete-

ten Ablenkspiegel, jedoch gelangt das Licht über einen Ablenkspiegel jeweils zu einem Spiegelement, das sich in Richtung des Lotes auf die von den Kondensorachsen aufgespannte Ebene näher dem benachbarten Ablenkspiegel befindet. Dabei bilden die Lichtquellenbilder kein sternförmiges Muster wie beim eingangs erwähnten Stand der Technik, sondern ein Muster in Gestalt eines quadratischen Ringes, das insgesamt eine höhere Lichtausbeute als bei dem bekannten sternförmigen Muster gestattet.

Zweckmäßige Ausgestaltungen und Abwandlungen der Erfindung in Abhängigkeit von der verwendeten Lichtquelle, dem Bildfeld und der Pupille der nachfolgenden Projektionsoptik ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen Beleuchtungsanordnung, teilweise im Schnitt mit drei verschiedenen Schnittebenen,

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Kondensoranordnung mit den verschränkten Ablenkspiegeln der Beleuchtungsanordnung,

Fig. 3 eine Ansicht auf die Beleuchtungsanordnung in Richtung des Pfeils III in Fig. 1 entgegen der Richtung des austretenden Lichtbündels,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Draufsicht auf die Spiegelemente der Beleuchtungsanordnung in Richtung des Pfeils IV in Fig. 1,

Fig. 5 eine gegenüber Fig. 4 vergrößerte Ansicht auf die Spiegelemente entgegen der Richtung des Pfeils IV in Fig. 1,

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Draufsicht in Strahlrichtung auf eine elliptisch gestaltete Spiegelementanordnung mit einem Achsenverhältnis von 1,85,

Fig. 7 eine der Fig. 6 entsprechende Darstellung für ein Achsenverhältnis von etwa 3,

Fig. 8 eine Draufsicht auf eine kreisförmige Spiegelementanordnung mit abgebildeten Lichtbögen einer Halogenmetallampflampe,

Fig. 9 eine Draufsicht auf eine Spiegelementanordnung für eine Beleuchtungsanordnung mit einer Halogenmetallampflampe und einem Achsenverhältnis der elliptischen Spiegelementanordnung von 1,33 und

Fig. 10 eine schematische Draufsicht auf eine elliptische Spiegelementanordnung für eine Beleuchtungsanordnung mit einer Halogenmetallampflampe und einem Achsenverhältnis von 1,78 für eine nachfolgende Spiegeloptik mit einer zentralen Abschattung.

In Fig. 1 ist schematisch eine Beleuchtungsanordnung für Projektionszwecke mit ihrem Lampenhaus dargestellt. Die Beleuchtungsanordnung

verfügt über eine entlang einer Hauptachse 100 ausgerichtete Xenon-Kurzbogenlampe 1, deren Licht mit Hilfe der Beleuchtungsanordnung optimal so gesammelt werden soll, daß möglichst viel Licht in einen begrenzten Lichtkanal eingespeist wird, der durch das Bildfeld und die Pupille der nachfolgenden Projektionsoptik, die in der Zeichnung nicht dargestellt ist, bezüglich seiner Form und seiner Größe gegeben ist. Bei der nachfolgenden Projektionsoptik kann es sich um die Optik eines Eidophor-, eines Film-, eines Dia- oder eines anderen Lichtventilprojektors handeln. Derartige Projektoren weisen ein Bildfenster oder Bildfeld auf, das eine rechteckige oder in besonderen Fällen eine quadratische Form hat, die möglichst homogen mit einem definierten Randabfall ausgeleuchtet werden soll. Bei dem Bildfeld kann es sich um ein Diapositiv, ein Teilbild eines Filmes oder ein elektronisch erzeugtes Bild handeln, wie es beispielsweise im Eidophor-Projektor verwendet wird. Die dabei vorkommenden Eintrittspupillen der folgenden Optik können die Form einer Kreisscheibe, einer ellipsenförmigen Scheibe oder bei Verwendung von Spiegeloptiken auch die Form eines Kreis- bzw. Ellipsenringes haben.

In Fig. 1 ist die als Lichtquelle für die Beleuchtungsanordnung dienende Xenon-Kurzbogenlampe 1 ohne den vorhandenen Glaskolben dargestellt. Die Xenon-Kurzbogenlampe 1 enthält im Innern des nicht dargestellten Glaskolbens eine Anode 2 und eine Kathode 3. Beim Betrieb einer solchen Gasentladungslampe ergibt sich eine stark inhomogene Leuchtdichteverteilung, wobei der Bereich größter Helligkeit an der Kathode 3 liegt und die Anode 2 eine Abschattung bewirkt, die Asymmetrien in der Helligkeitsverteilung des Bildes eines von der Xenon-Kurzbogenlampe 1 beaufschlagten Kondensors erzeugt.

In Fig. 1 erkennt man rechts neben der Xenon-Kurzbogenlampe 1 einen ersten Kondensor 4 und links von der Xenon-Kurzbogenlampe 1 einen zweiten Kondensor 5 in einem Schnitt durch eine durch die Hauptachse 100 verlaufende Ebene. Jeder der Kondensoren 4, 5 kann mehrere Linsen aufweisen und insbesondere, wie in Fig. 1 dargestellt, aus einem Meniskus 6 und einer Asphäre 7 bestehen, deren optische Achsen rechtwinklig zur Hauptachse 100 und zur Längsachse der Xenon-Kurzbogenlampe 1 durch deren Lichtbogen verlaufen.

Da die Xenon-Kurzbogenlampe 1 nicht nur Lichtströme in Richtung der in Fig. 1 im Schnitt gezeichneten Kondensoren 4 und 5, sondern auch rechtwinklig zur Hauptachse 100 in andere Richtungen aussendet, sind ein dritter Kondensor 8 und ein vierter Kondensor 9 vorgesehen, die in Fig. 2 in einer Draufsicht zu erkennen sind. Die vier Kondensoren 4, 5, 8 und 9 umgeben die Xenon-Kurzbogenlampe 1 in der Art eines Würfels, in dessen

Zentrum sich der Lichtbogen befindet, und dessen vier Seitenflächen durch die vier Kondensoren 4, 5, 8 und 9 gebildet sind, die jeweils das Licht erfassen, welches in ein Sechstel des gesamten Raumwinkels ausgestrahlt wird. Die vier Kondensoren 4, 5, 8 und 9 sind mit rechtwinklig zueinander und zur Hauptachse 100 verlaufenden optischen Achsen und mit einem engen Luftspalt in unmittelbarer Nähe des in der Zeichnung nicht dargestellten Glaskolbens der Xenon-Kurzbogenlampe 1 angeordnet und in einem würfelförmigen Gehäuse befestigt, aus dem an der Oberseite und Unterseite die der Anode 2 und der Kathode 3 zugeordneten Hälse des Glaskolbens der Xenon-Kurzbogenlampe 1 rechtwinklig zu der in Fig. 2 dargestellten Zeichenebene herausragen.

Wie man anhand von Fig. 2 erkennt, berühren sich die Ränder der Meniskuskonsolen 6 der vier Kondensoren 4, 5, 8, 9 entlang einer schmalen bogenförmigen Fläche, weshalb sich bei einer Draufsicht auf einen Kondensor 4, 5, 8, 9 in Richtung der optischen Achse oder bei einer Abbildung ein Kondensorbild ergibt, das im wesentlichen quadratisch mit tonnenförmig verformten Rändern ist. Das in das tonnenförmig verzerrte Quadrat einschreibbare größte Quadrat gibt dabei den im Beleuchtungssystem ausgenutzten Bereich des Kondensorbildes an.

Dem ersten Kondensor 4 ist ein erster flacher, gegebenenfalls als Kaltlichtspiegel ausgebildeter justierbarer Ablenkspiegel 10 zugeordnet, der in Fig. 1 im Schnitt, in Fig. 2 in einer Draufsicht in Richtung der Längsachse der Xenon-Kurzbogenlampe 1 und in Fig. 3 in einer Rückansicht in Richtung der optischen Achse des ersten Kondensors 4 dargestellt ist. Der Ablenkspiegel 10 ist in einem rechteckigen justierbaren Rahmen befestigt, der es gestattet, den ersten Ablenkspiegel 10 um mindestens zwei Achsen zu verkippen und zu justieren.

Der erste Ablenkspiegel 10 ist in der Nähe des ersten Kondensors 4 schräg zu dessen optischer Achse angeordnet. In Fig. 1 ist der erste Ablenkspiegel 10 im Schnitt dargestellt. Der erste Ablenkspiegel 10 ist im Bezug auf die optische Achse des ersten Kondensors 4 so ausgerichtet, daß das aus dem Kondensor 4 entlang der Schnittebene durch die Kondensoren 4, 5, 8, 9 austretende Lichtbündel vom ersten Ablenkspiegel 10 nicht nur in Richtung der Hauptachse 100 sondern auch nach vorne aus der erwähnten Schnittebene heraus abgelenkt wird.

Der in Fig. 1 eingezeichnete Strahlengang verläuft somit von der Xenon-Kurzbogenlampe 1 bis zum ersten Ablenkspiegel 10 in der Zeichenebene und im weiteren Verlauf oberhalb dieser Zeichenebene, die in Fig. 1, unten durch die Längsachsen der Kondensoren 4 und 5 und die Hauptachse 100 verläuft.

Der erste Ablenkspiegel 10 ist somit nicht nur um eine Achse rechtwinklig zur Zeichenebene, sondern auch um eine zweite Achse innerhalb der Zeichenebene verkippt, was in Fig. 2 zur Verdeutlichung der dadurch bewirkten Verschränkung übertrieben stark veranschaulicht ist. In Fig. 3 erkennt man, wie das vom ersten Ablenkspiegel 10 reflektierte Strahlenbündel 11 aus der durch die Längsachse der Xenon-Kurzbogenlampe 1, d.h. die Hauptachse 100, und die optische Achse des ersten Kondensors 4 aufgespannten Ebene seitlich in Fig. 3 nach links austritt.

Auf der dem ersten Ablenkspiegel 10 gegenüberliegenden Seite der Xenon-Kurzbogenlampe 1 ist ein zweiter Ablenkspiegel 12 angeordnet, der das den zweiten Kondensor 5 verlassende Lichtbündel in Fig. 1 nach oben und nach hinten aus der Zeichenebene heraus ablenkt. Die dazu erforderliche Orientierung des zweiten ebenfalls justierbaren Ablenkspiegels 12 ist in Fig. 2 etwas übertrieben veranschaulicht.

Fig. 2 veranschaulicht weiterhin einen dritten justierbaren Ablenkspiegel 13 und einen vierten justierbaren Ablenkspiegel 14, die jeweils dem dritten Kondensor 8 und dem vierten Kondensor 9 zugeordnet und in Fig. 3 in einem seitlichen Schnitt zu erkennen sind.

Die optischen Achsen der Kondensoren 4, 5, 8 und 9 liegen auf einer Ebene, die rechtwinklig zur Hauptachse 100 und damit zur Längsachse der Xenon-Kurzbogenlampe 1 liegt und zwischen deren Anode 2 und Kathode 3 verläuft. In einem Abstand, bei dem die Kondensoren 4, 5, 8 und 9 ein etwa um den Vergrößerungsfaktor 10 vergrößertes Bild des Lichtbogens der Xenon-Kurzbogenlampe 1 erzeugen, ist oberhalb der durch die optischen Achsen der Kondensoren 4, 5, 8, 9 gebildeten Ebene koaxial zur Längsachse durch die Xenon-Kurzbogenlampe 1 eine Sammelplatte 15 angeordnet, die in Draufsicht in Richtung auf die Xenon-Kurzbogenlampe 1 die in Fig. 4 gezeigte Gestalt mit einem kreisförmigen äußeren Umriß hat. Die Sammelplatte 15 erstreckt sich somit quer zum Lot auf die von den optischen Achsen der Kondensoren 4, 5, 8 und 9 aufgespannten Ebene. Die Sammelplatte 15 besteht aus einem sphärischen Spiegel, vorzugsweise einem Kaltlichtspiegel, der entlang den in Fig. 4 erkennbaren Trennlinien 16 in ein erstes Segment 17, zweites Segment 18, drittes Segment 19 und viertes Segment 20 zerteilt ist. Die Segmente 17, 18, 19, 20 bilden somit Viertelsegmente oder abbildende sphärische Spiegelemente.

Die Segmente 17, 18, 19, 20 sind in einem in der Zeichnung nicht dargestellten quadratischen Rahmen befestigt, der es gestattet, die Segmente 17, 18, 19, 20 um zwei rechtwinklig zueinander und zur Hauptachse 100 verlaufende Achsen in der Ebene des Rahmens zu verdrehen oder zu verkippen.

pen.

In Fig. 4 ist im ersten Segment 17 der Sammelplatte 15 schematisch das vom ersten Kondensor 4 erzeugte Bild des Lichtbogens der Xenon-Kurzbogenlampe 1 durch Äquilluminanzlinien dargestellt, wobei das Bild des Lichtbogens sich entlang einer Sekante des kreisförmigen Umrisses der Sammelplatte 15 erstreckt und der hellste Bereich des Lichtbogenbildes rechts in der Nähe der Trennlinie 16 zwischen dem ersten Segment 17 und dem dritten Segment 19 liegt.

In Fig. 1 ist das erste Segment 17 der Sammelplatte 15, auf das mit Hilfe des ersten Kondensors 4 ein erstes Lichtbogenbild der Xenon-Kurzbogenlampe 1 abgebildet wird, allein und im Schnitt dargestellt. Die Schnittebene verläuft dabei gegenüber der Schnittebene durch die Kondensoren 4, 5 in Betrachtungsrichtung nach vorne etwas versetzt entlang der in Fig. 4 eingezeichneten Schnittlinie 21. In Fig. 3 erkennt man die Stirnansicht auf das erste Segment 17 entlang der Trennlinie 16 zum dritten Segment 19 bei Abwesenheit der übrigen Segmente 18, 19, 20, wobei anhand der Fig. 1 und 3 veranschaulicht werden soll, wie das erste Segment 17 um zwei rechtwinklig zur Hauptachse 100 verlaufende Achsen verkippt ist, so daß die vier Segmente 17, 18, 19, 20 in der Art eines Windflügels oder Propellers mit gegenseitigen Verschränkungen der einzelnen Blätter angeordnet sind. Durch die Verdrehung der Segmente 17, 18, 19, 20 um eine erste Drehachse entlang ihrer Winkelhalbierenden und entlang einer zweiten jeweils rechtwinklig zu ihrer Winkelhalbierenden verlaufenden Achse wird die Verwindung des durch die verschränkten Ablenkspiegel 10, 12, 13, 14 erzeugten Strahlenganges so kompensiert, daß schließlich das Licht aller vier aus unterschiedlichen Richtungen eintreffenden Strahlengänge im Bildfeld zusammengeführt wird.

Der erste Ablenkspiegel 10 im Strahlengang des ersten Kondensors 4 ist so orientiert, daß das Lichtbogenbild auf dem in Richtung des vierten Ablenkspiegels 14 weisenden ersten Segment 17 und nicht auf dem in Richtung des ersten Ablenkspiegels 10 weisenden dritten Segment 19 abgebildet wird. Auf diese Weise erstreckt sich das in Fig. 4 unten veranschaulichte Lichtbogenbild entlang der Schnittlinie 21 oder einer Sekante der Sammelplatte 15 und nicht entlang einem Radius der Sammelplatte 15. Dabei sind die Segmente 17 bis 20 vorzugsweise so orientiert, daß die Projektionen ihrer Winkelhalbierenden auf die von den optischen Achsen der Kondensoren 4, 5, 8, 9 aufgespannte Ebene in die gleichen Richtungen weisen wie die optischen Achsen der Kondensoren 4, 5, 8, 9.

In Fig. 5 erkennt man die Sammelplatte 15 mit ihren Segmenten 17 bis 20 in einer vergrößerten Ansicht von unten, d.h. entgegen der Richtung des

Pfeils IV in Fig. 1. Das mit Hilfe des ersten Kondensors 4 auf dem ersten Segment 17 erzeugte Lichtbogenbild ist in Fig. 5 oben durch seine Äquilluminanzlinien ebenfalls eingezeichnet, wobei die außerhalb des Segmentes 17 liegenden Äquilluminanzlinien gestrichelt dargestellt sind. Zusammen mit dem Lichtbogenbild ist zur Symbolisierung des Lichtbogenbildes ein Lichtbogenbildpfeil 22 dargestellt, dessen Pfeilspitze angibt, wo sich der hellste Bereich des Lichtbogenbildes befindet. Die Pfeilrichtung gibt dabei die Orientierung des Lichtbogenbildes an.

Das vom zweiten Ablenkspiegel 12 reflektierte Lichtbündel gelangt zu dem in Fig. 1 nicht dargestellten zweiten Segment 18 der Sammelplatte 15, das jedoch in den Fig. 4 und 5 veranschaulicht ist. Infolge der Orientierung des zweiten Ablenkspiegels 12 verläuft das zweite Lichtbogenbild entlang dem Lichtbogenbildpfeil 23 auf dem dem ersten Segment 17 gegenüber liegenden zweiten Segment 18 mit paralleler aber entgegengesetzter Orientierung.

In entsprechender Weise, wie mit Hilfe der Kondensoren 4 und 5 und den Ablenkspiegeln 10 und 12 auf den Segmenten 17 und 18 Lichtbogenbilder erzeugt worden sind, werden auf den Segmenten 19 und 20 durch die Kondensoren 8 und 9 Lichtbogenbilder erzeugt, die in Fig. 5 durch einen dritten Lichtbogenpfeil 24 und vierten Lichtbogenpfeil 25 symbolisch dargestellt sind.

Man erkennt in Fig. 5, daß die Lichtbogenbilder entlang einem rechteckigen Ring angeordnet sind. Durch die Orientierung der Lichtbogenbilder entlang von Sekanten statt der Winkelhalbierenden der Segmente 17 bis 20 wird erreicht, daß die von der Sammelplatte 15 erfaßbare und damit weiterleitbare Lichtmenge größer ist als dies der Fall wäre, wenn die hellsten Bereiche jeweils in der Nähe des Mittelpunktes der Sammelplatte 15 liegen würden und die Lichtbogenbilder jeweils entsprechend der Winkelhalbierenden der Segmente 17 bis 20 orientiert wären. Die oben beschriebene verwundene Strahlführung, um die Hauptachse 100 und das durch die Längsachse der Xenon-Kurzbogenlampe 1 verlaufende Lot auf die von den optischen Achsen der Kondensoren 4, 5, 8, 9 gebildeten Ebene gestattet es somit, daß die Kondensoren 4, 5, 8, 9 den Lichtbogen der Xenon-Kurzbogenlampe 1 über die Ablenkspiegel 10, 12, 13, 14 auf die zugeteilten Segmente 17, 18, 19, 20 der Sammelplatte 15 so abbilden, daß möglichst viel von den hellsten Anteilen des Lichtbogens auf das entsprechende Segment 17, 18, 19, 20 zu liegen kommt und damit die auf eine gegebene Fläche auftreffende Gesamtlichtmenge maximiert wird.

Die Segmente 17 bis 20 sind abbildende Spiegel, die es gestatten, die Kondensorbilder der Kondensoren 4, 5, 8 und 9 je um 90 Grad zueinander

gedreht und übereinander abzubilden, wenn die propellerartig angeordneten Segmente 17 bis 20 durch Justieren so verschränkt werden, daß das auf sie aus den unterschiedlichen Richtungen von den Ablenkspiegeln 10, 12, 13, 14 kommende Licht zu einem einzigen gemeinsamen Bildfeld umgelenkt wird. In Fig. 5 sind die Justierachsen 26 entlang den Winkelhalbierenden der Segmente 17, 18, 19, 20 zusammen mit Drehpfeilen eingezeichnet, die anzeigen, wie die einzelnen Segmente 17, 18, 19, 20 verkippt werden müssen, um zu erreichen, daß die von den Segmenten 17, 18, 19, 20 erzeugten Kondensorbilder im Bildfeld übereinander und die vier Sekundärlichtquellen darstellenden Lichtbögen in die Eintrittspupille der nachfolgenden Optik nebeneinander abgebildet werden.

Zusätzlich zu der Drehung um die Justierachsen 26 sind auch jeweils geringfügige Kippungen der Segmente 17, 18, 19, 20 um Achsen rechtwinklig zu den Justierachsen 26 erforderlich. Ohne die erforderlichen Verschränkungen der Segmente 17 bis 20 würden diese die Oberfläche eines Hohlspiegels bilden. Um die Abweichungen gegenüber einem solchen Hohlspiegel infolge der Drehbewegungen um die Justierachse 26 zu veranschaulichen, sind in Fig. 5 Pluszeichen an den Stellen eingetragen, an denen die Segmente 17, 18, 19, 20 aus der Zeichenebene herausgedreht sind. Entsprechend geben die Minuszeichen die Stellen an, wo die Segmentoberflächen unterhalb einer durchgehenden sphärischen Spiegelfläche liegen.

Wie man in den Fig. 1 und 3 erkennt, gelangt das von den Segmenten 17, 18, 19, 20 reflektierte Licht der als Sekundärlichtquellen wirksamen Lichtbogenbilder zu einem für alle Segmente 17, 18, 19, 20 gemeinsamen Auskoppelspiegel 27, der in den Fig. 1 und 3 zu erkennen ist. Der Auskoppelspiegel 27 koppelt das von den Segmenten 17, 18, 19, 20 der Sammelplatte 15 einfallende Licht rechtwinklig zur Hauptachse 100 in Richtung des nachfolgenden Lichtkanals aus. Wie man anhand der Fig. 1 und 3 erkennt, verläuft der Zentralstrahl des Strahlenbündels 28 ausgehend vom Segment 17 in einem Abstand von der Hauptachse 100 und nähert sich derselben umso mehr, je näher es sich dem Auskoppelspiegel 27 nähert, der in Fig. 1 im Schnitt mit einer Schnittebene dargestellt ist, die zwischen der Schnittebene durch die Ablenkspiegel 10, 12 und der Schnittebene durch das erste Segment 17 liegt. Nach der Reflexion am Auskoppelspiegel 27 nähert sich der vom Auskoppelspiegel 27 ausgehende Zentralstrahl 29 weiter der durch die Hauptachse 100 und die optischen Achsen der Kondensoren 4 und 5 aufgespannten Ebene, bis es das in Fig. 1 schematisch dargestellte Bildfenster 30 erreicht, wo die von den Segmenten 17, 18, 19, 20 erzeugten, tonnenförmig verzerrten quadratischen Kondensorbilder abgebildet werden. Am Ort des

Bildfensters 30 der beschriebenen Beleuchtungseinrichtung können beispielsweise eine Feldlinse und ein Diapositiv angeordnet werden, das durch die vier jeweils um 90 Grad verdrehten Kondensorbilder mit hoher Lichtstärke und Homogenität beleuchtet wird. Mit einem in der Zeichnung nicht dargestellten Objektiv kann dann das Diapositiv projiziert werden, wobei die Bilder der aus der Sammelplatte 15 vorhandenen Sekundärlichtquellen durch die erwähnte Feldlinse innerhalb der kreisförmigen Eintrittspupille oder Eingangsöffnung der Projektionsoptik abgebildet werden.

Wenn das Bildfeld nicht quadratisch sondern rechteckig und die Form der Pupille der nachfolgenden Optik nicht kreisförmig sondern ellipsenförmig ist, ist es für eine hohe Lichtausbeute zweckmäßig, statt einer kreisförmig berandeten Sammelplatte 15 eine ellipsenförmig berandete Sammelplatte 31 gemäß Fig. 6 oder eine ellipsenförmig berandete Sammelplatte 32 gemäß Fig. 7 zu verwenden. Für eine optimale Beleuchtungsoptik ist nämlich zu beachten, daß gewisse optische Elemente die Pupillenform einer Projektionsoptik stark verändern. So verformt beispielsweise ein in der Schlierenoptik des Eidophor-Systems verwendetes Barrensystem die kreisförmige Pupille der Projektionsoptik in eine Ellipse mit einem Achsenverhältnis von 2,5 : 1.

Wenn ein rechteckiges Bildfenster 30 zu beleuchten ist, ist es vorteilhaft, eine anamorphotische Beleuchtungsoptik einzusetzen, die die quadratischen Kondensorbilder in rechteckige Kondensorbilder mit dem gewünschten Seitenverhältnis und der richtigen Größe umwandeln. Durch eine solche anamorphotische Beleuchtungsoptik wird die nachfolgenden kreisförmige Pupille der Projektionsoptik nach rückwärts gesehen elliptisch verzerrt. Nach diesem Pupillenbild richtet sich der äußere Umriss der Sammelplatten 31 oder 32. Die anamorphotische Beleuchtungsoptik kann im Strahlengang zwischen dem Auskoppelspiegel 27 und dem Bildfenster 30 als gesondertes optisches System vorgesehen sein. Es ist aber auch möglich, die erste Zylinderlinse eines anamorphotischen Systems in die Sammelplatte und die zweite Zylinderlinse in den Auskoppelspiegel 27 zu integrieren, statt alle Komponenten zwischen dem Auskoppelspiegel 27 und dem Bildfenster 30 anzuordnen.

Die in Fig. 6 in Draufsicht dargestellte elliptische Sammelplatte 31 weist ein Achsenverhältnis von 1,85 auf. Dieses Verhältnis entspricht einer der Normen für 35 mm Kinofilm. Die Trennlinien 33 zwischen den Segmenten 34, 35, 36, 37 verlaufen bei der Sammelplatte 31 nicht wie bei der kreisförmigen Sammelplatte 15 entlang von Geraden sondern von Kurven. Die Lage der Trennlinien 33 ist so gewählt, daß die gesamte Lichtausbeute maximal ist und die gewünschte Pupillenform eingehalten

ten wird. Die Form der Trennlinien 33 in Fig. 6 wurde so ermittelt, daß die vier Lichtbogenbilder in der in Fig. 6 erkennbaren Weise mit ihren Äquilluminanzlinien aufgezeichnet wurden und anschließend die Schnittpunkte von Äquilluminanzlinien zur Erzeugung der Trennlinien 33 miteinander verbunden wurden. Bei einem derartigen Vorgehen ergeben sich die in Fig. 6 erkennbaren Segmente, die in der mit Pluszeichen und Minuszeichen veranschaulichten Weise verschränkt werden und ebenfalls sphärische Spiegelemente sind. Die Lage der Lichtbogenbilder ist entsprechend Fig. 5 durch Pfeile veranschaulicht. Bei der in Fig. 6 dargestellten Orientierung und Lage der Lichtbogenbilder ergibt sich über die elliptische Sammelfläche verteilt eine optimale Gesamtlichtausbeute.

Wenn eine elliptische Sammelfläche für ein Achsenverhältnis von etwa 3 erforderlich ist, was beispielsweise bei einem Fernsehprojektionssystem auftreten kann, ist es erforderlich, die Lichtbogenbilder in Richtung der Hauptachse der Ellipse weiter zu verteilen. Eine derartige Anordnung ist in Fig. 7 zu erkennen, wobei die Trennlinien 42 wiederum die Verbindungslinien zwischen Schnittpunkten von Äquilluminanzlinien der verschiedenen Lichtbogenbilder mit den eingezeichneten Orientierungen und Lagen darstellen. Der Fachmann erkennt, daß es durch eine geeignete Vergrößerung der Lichtbogenbilder sowie deren Orientierung und Anordnung auf einer elliptischen Fläche möglich ist, optimale Trennlinien 33 oder 42 zu ermitteln, die so ausgebildet sind, daß in einem gegebenen Lichtkanal möglichst viel Licht gesammelt werden kann. Bei den vorstehenden Sammelplatten 15, 31 und 32 wurde die unsymmetrische Verteilung des Lichtbogenbildes einer Xenon-Kurzbogenlampe berücksichtigt.

Wenn statt einer Xenon-Kurzbogenlampe eine Halogenmetallampflampe mit einem zwei Schwerpunkte aufweisenden Lichtbogenbild verwendet werden soll, ergibt sich eine besonders hohe Lichtausbeute, wenn bei einer runden Pupillenform eine entsprechend Fig. 8 ausgebildete und beleuchtete Sammelplatte 43 verwendet wird. Die Sammelplatte 43 besteht wie die vorbeschriebenen kreisförmigen oder elliptischen Sammelplatten aus abbildenden Segmenten 51 bis 58. Im Gegensatz zu den Segmenten 17 bis 20 der Sammelplatte 15 sind diese durch Achtteilen eines sphärischen Spiegels entstanden. Die geraden Trennlinien zwischen den Segmenten 51 bis 58 bilden ein Hauptkreuz 59 und ein diesem gegenüber um 45 Grad verdrehtes Nebenkreuz 60. Wie man in Fig. 8 erkennt, sind die Lichtbogenbilder jeweils paarweise entlang einer Achse des Hauptkreuzes seitlich gegeneinander versetzt angeordnet. Das in Fig. 8 mit seinen Äquilluminanzlinien dargestellte Lichtbogenbild wird vom dritten Kondensor 8 über den dritten Ablenkspiegel

13 auf die Segmente 52 und 56 abgebildet. Das Minuszeichen im Segment 56 gibt an, daß dieses Segment unterhalb der Zeichenebene und das Pluszeichen im Segment 52 gibt an, daß dieses aus der Zeichenebene herausgekippt ist, um die spätere Vereinigung der Lichtstrahlbündel zu erreichen. Das vom ersten Kondensor 4 erzeugte Lichtbogenbild erstreckt sich über die Segmente 53 und 57, das vom zweiten Kondensor 5 erzeugte Lichtbogenbild erstreckt sich über die Segmente 54 und 58 und das vom vierten Kondensor 9 erzeugte Lichtbogenbild erstreckt sich über die Segmente 51 und 55. Bei der in Fig. 8 eingezeichneten Orientierung, Lage und Größe der Lichtbogenbilder ergibt sich für eine runde Pupille eine maximale Lichtausbeute.

Fig. 9 veranschaulicht in einer den vorangehenden Figuren entsprechenden Weise die Ausgestaltung und Beleuchtung einer elliptischen Sammelplatte für eine Halogenmetallampflampe mit einem Achsenverhältnis von 1,33, wie es z.B. bei Diaprojektoren Anwendung finden kann. Wie man in Fig. 9 erkennt, ist zur Lichtverteilung über die Sammelplatte 70 eine Justierung der Ablenkspiegel 10, 12, 13, 14 vorgesehen, bei der zwei Lichtbogenbilder seitlich versetzt zur Nebenachse und zwei Lichtbogenbilder in Längsrichtung versetzt auf der Hauptachse der Ellipse liegen. Die Segmente 71 bis 78 haben jeweils die in Fig. 9 erkennbare Gestalt und die in Fig. 9 durch Pluszeichen und Minuszeichen veranschaulichte gegenseitige Verschränkung. Die Äquilluminanzlinien der den Segmenten 72 und 76 einerseits und den Segmenten 73 und 77 andererseits zugeordneten Lichtbogenbilder sind in Fig. 9 ebenfalls dargestellt. Die Orientierung der Ablenkspiegel 10, 12, 13, 14 ist so getroffen, daß der erste Ablenkspiegel 10 auf die Segmente 73 und 77, der zweite Ablenkspiegel 12 auf die Segmente 74 und 78, der dritte Ablenkspiegel 13 auf die Segmente 72 und 76 und der vierte Ablenkspiegel 14 auf die Segmente 71 und 75 ausgerichtet ist. Dadurch ergibt sich die in Fig. 9 gezeichnete Überlagerung der Lichtbogenbilder.

Wenn die nachfolgende Projektionsoptik eine Spiegeloptik mit einer zentralen Abschattung ist, muß der zentrale Teil der Ellipse wegfallen. In Fig. 10 ist für einen derartigen Fall eine elliptische Sammelplatte 80 mit einem Achsenverhältnis von 1,78 dargestellt. Die Orientierung der einzelnen Segmente der Sammelplatte 80 ergibt sich durch die eingezeichneten Plus- und Minuszeichen. Die Lage der Lichtbogenbilder ist für zwei Lichtbogenbilder durch die zugeordneten Äquilluminanzlinien und für zwei weitere Lichtbogenbilder entsprechend den Figuren 8 und 9 durch Kreise dargestellt, die die hellsten Bereiche der Lichtbogenbilder symbolisieren und durch Geraden miteinander verbunden sind. Wie man in Fig. 10 erkennt, sind



die einzelnen Lichtbogenbilder ähnlich wie bei der Sammelplatte 15 entlang einem Ring angeordnet, wobei durch die Ablenkspiegel 10, 12, 13, 14 jeweils analog zur Sammelplatte 15 nicht das unmittelbar oberhalb dem jeweiligen Ablenkspiegel vorhandene Segment, sondern das in Ringrichtung nächste Segment bestrahlt wird.

## Ansprüche

1. Beleuchtungsanordnung für Projektionszwecke, insbesondere für einen Filmprojektor oder Fernsehbildprojektor nach dem Eidophor-System, mit einer rundum strahlenden Lichtquelle, um die auf einer die Lichtquelle in deren Strahlungszentrum schneidenden Ebene vier mit ihren optischen Achsen zur Lichtquelle ausgerichtete Kondensoren sowie den Kondensoren jeweils zugeordnete, um eine quer zum Lichtweg in der Ebene verlaufende Achse gekippte Ablenkspiegel angeordnet sind, durch die vier Abbildungen der Lichtquelle auf einer im Abstand von der Ebene durch die Lichtquelle vorgesehenen benachbarte abbildende optische Komponenten aufweisenden Sekundärlichtquellenfläche erzeugbar sind, der eine Optik zugeordnet ist, durch die das Licht der Sekundärlichtquellenfläche zum Bildfeld sowie zur Eintrittspupille einer in Strahlengang nachgeordneten Projektionsoptik gelangt und durch die die Bilder der Kondensoren in die Bildfeldebene übereinander und gegenseitig verdreht abgebildet werden, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Sekundärlichtquellenfläche vorgesehenen optischen Komponenten als benachbarte Segmente (17 bis 20, 34 bis 41, 51 bis 58, 71 bis 78) ausgebildet sind, die entlang ihren Berandungen (16, 33, 42, 59, 60) gegenseitig verschränkt sind, und daß die Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) bezüglich der von den optischen Achsen der Kondensoren (4, 5, 8, 9) aufgespannten Ebene um Achsen gekippt sind, die entsprechend den Verschränkungen der zugeordneten Segmente (17 bis 20, 34 bis 41, 51 bis 58, 71 bis 78) ebenfalls gegeneinander verschränkt sind.
2. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (17 bis 20, 34 bis 41, 51 bis 58, 71 bis 78) aus Linsen bestehen, die die Kondensorbilder übereinander abbilden.
3. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (17 bis 20, 34 bis 41, 51 bis 58, 71 bis 78) aus Spiegelsegmenten bestehen.
4. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelsegmente (17 bis 20, 34 bis 41, 51 bis 58, 71 bis 78) und/oder die Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) als Kaltlichtspiegel ausgebildet sind.
5. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelsegmente (17 bis 20, 34 bis 41, 51 bis 58, 71 bis 78) Glasräger aufweisen, die als Infrarot-Sammellinse ausgebildet sind.
6. Beleuchtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die benachbarten Segmente (17 bis 20, 34 bis 41, 51 bis 58, 71 bis 78) einen gemeinsamen äußeren Umriß haben, dessen Gestalt der Form der Eingangspupille der nachfolgenden Optik angepaßt ist.
7. Beleuchtungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang (28, 29) zwischen der Sekundärlichtquellenfläche (15, 31, 43, 70, 80) und dem Bildfeld (30) ein quer zum Strahlengang (28) ausgerichteter Auskoppelspiegel (27) vorgesehen ist.
8. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (1) eine Kurzbogenlampe ist und die Sekundärlichtquellenfläche (15) abbildende sphärische Spiegelemente (17 bis 20) aufweist, die jeweils einem Viertelsegment eines sphärischen Spiegels entsprechen und propellerartig gegeneinander verschränkt sowie geringfügig zur Spiegelachse geneigt sind, wobei vier Kondensoren (4, 5, 8, 9) und vier Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) vorgesehen sind, die in ihrer Lage so justiert sind, daß die vier gleichartigen inhomogenen Lichtquellenbilder entlang einem geschlossenen Ring bezüglich der Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) jeweils entlang dem Ring um ein Spiegelement versetzt auf die Spiegelemente (17 bis 20) abgebildet sind, die ihrerseits vier um je 90 Grad zueinander gedrehte Kondensorbilder übereinander in das Bildfeld (30) abbilden.
9. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle eine Halogenmetallampfenlampe ist und die Sekundärlichtquellenfläche (43) abbildende sphärische Spiegelemente (51 bis 58) aufweist, die jeweils einem Achtelsegment eines sphärischen Spiegels entsprechen, daß die Trennlinien zwischen den Segmenten (51 bis 58) ein Hauptkreuz (59), das in die Richtungen der Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) ausgerichtet ist, und ein diesem gegenüber um 45 Grad verdrehtes Nebenkreuz (60) bilden, daß die vier Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) so justiert sind, daß die vier Lichtquellenbilder sich jeweils entlang dem Arm des Hauptkreuzes (59) erstrecken, und daß die jeweils einseitig durch einen durchgehenden Arm des Hauptkreuzes (59) berandeten einander paarweise zugeordneten Spiegelemente (51 bis 58) jeweils so verschränkt sind, daß die von den Spiegelementen (51 bis 58) erzeugten vier Kondensorbilder sich im Bildfeld (30) überlappen.
10. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle eine

Kurzbogenlampe mit vier Kondensoren ist und im Strahlengang eine anamorphotische Beleuchtungsoptik vorgesehen ist, um ein quadratisches Kondensorbild in ein Rechteck umzuwandeln, und daß die Sekundärlichtquellenfläche (31, 32) einen äußeren Umriß in Gestalt einer Ellipse aufweist und entlang von Kurvenlinien (33) in Segmente (34 bis 41) aufgeteilt ist.

5

11. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die vier Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) so justiert sind, daß in der Mitte der Ellipse zwei in Längsrichtung versetzte Lichtquellenbilder quer zur Hauptachse der Ellipse und im Bereich der Hauptachsenenden längs der Hauptachsen jeweils ein Lichtquellenbild mit den hellsten Bereichen jeweils nach außenweisend abgebildet wird.

10

15

12. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenlinien (33) zwischen den Segmenten (34 bis 41) entlang den Schnittpunkten von Linien gleicher Helligkeit benachbarter Lichtquellenbilder verlaufen.

20

13. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle eine Halogenmetallampule mit vier zugeordneten Kondensoren (4, 5, 8, 9) ist, daß im Strahlengang eine anamorphotische Beleuchtungsoptik vorgesehen ist, um ein quadratisches Kondensorbild in ein Rechteck umzuwandeln, und daß die Sekundärlichtquellenfläche (70, 80) einen äußeren Umriß in Gestalt einer Ellipse aufweist und entlang von Geraden und einer konzentrischen inneren Ellipse in Segmente aufgeteilt ist.

25

30

14. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die vier Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) so justiert sind, daß zwei Lichtbogenbilder seitlich versetzt zur Nebenachse und zwei Lichtbogenbilder in Längsrichtung versetzt auf der Hauptachse der Ellipse (70) liegen.

35

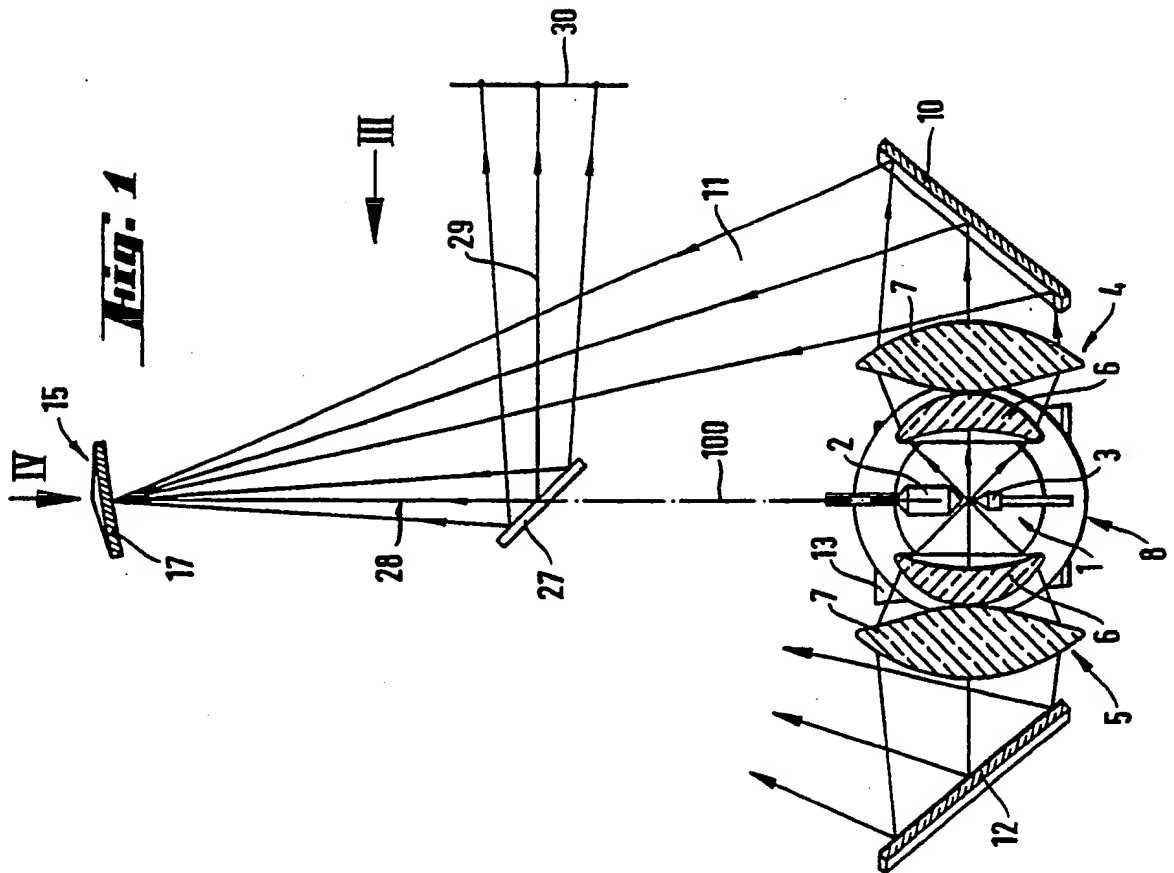
15. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die vier Ablenkspiegel (10, 12, 13, 14) so justiert sind, daß die vier Lichtbogenbilder entlang einem elliptischen Ring (80) abgebildet werden.

40

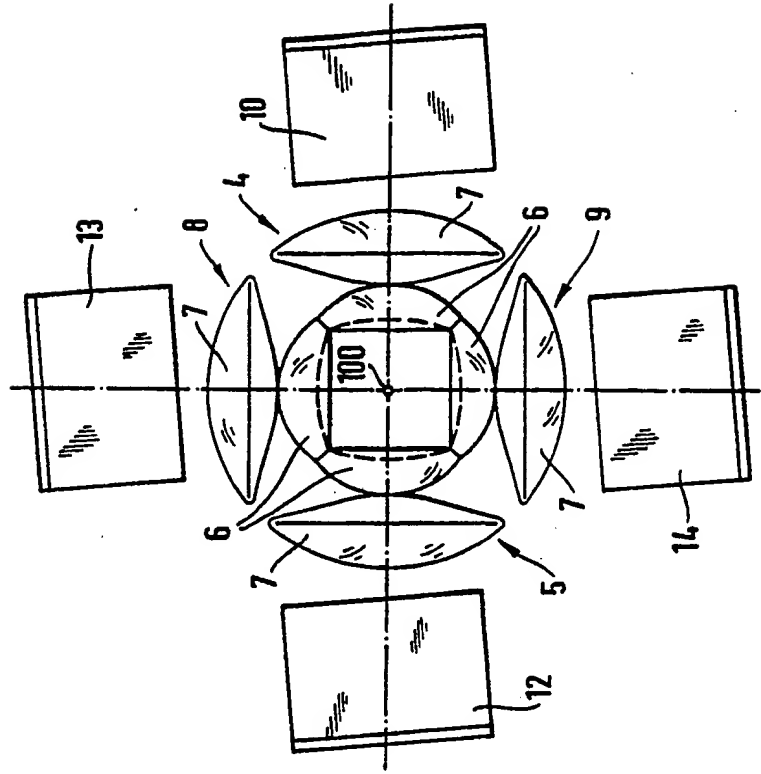
45

50

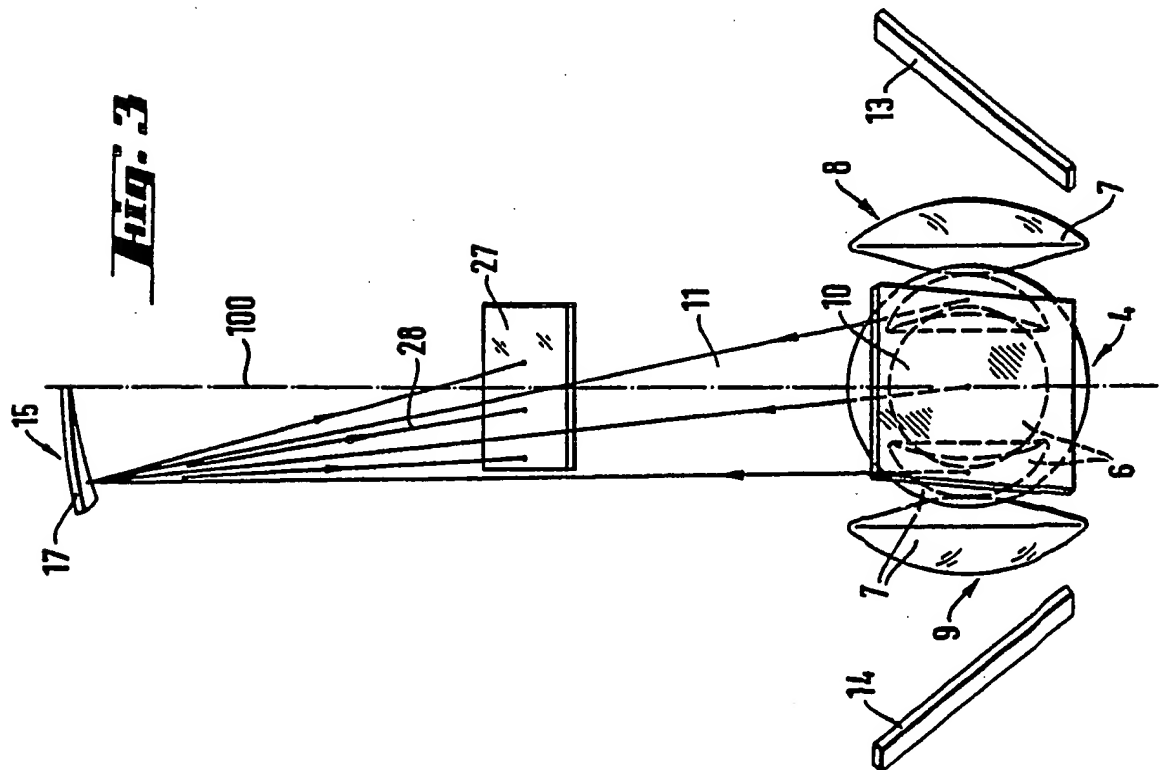
55



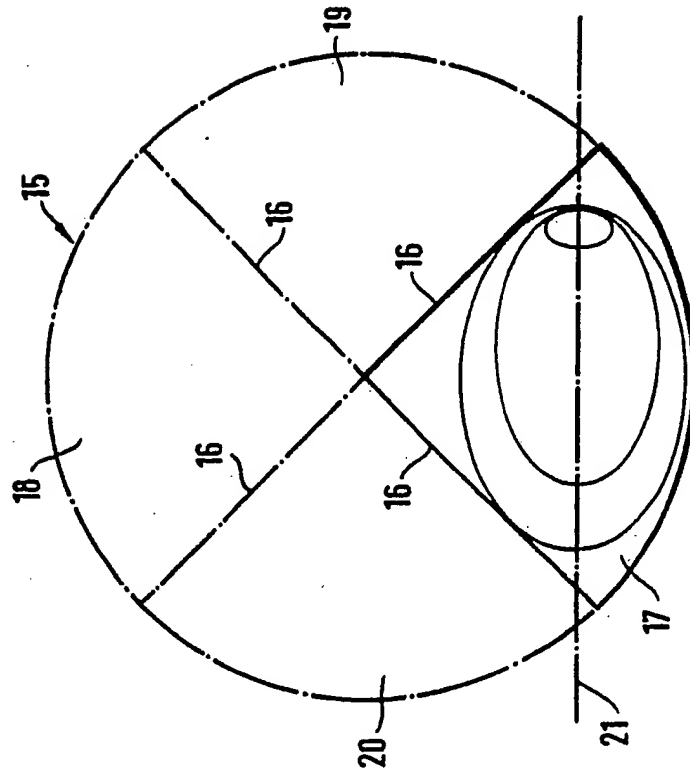
**Fig. 2**

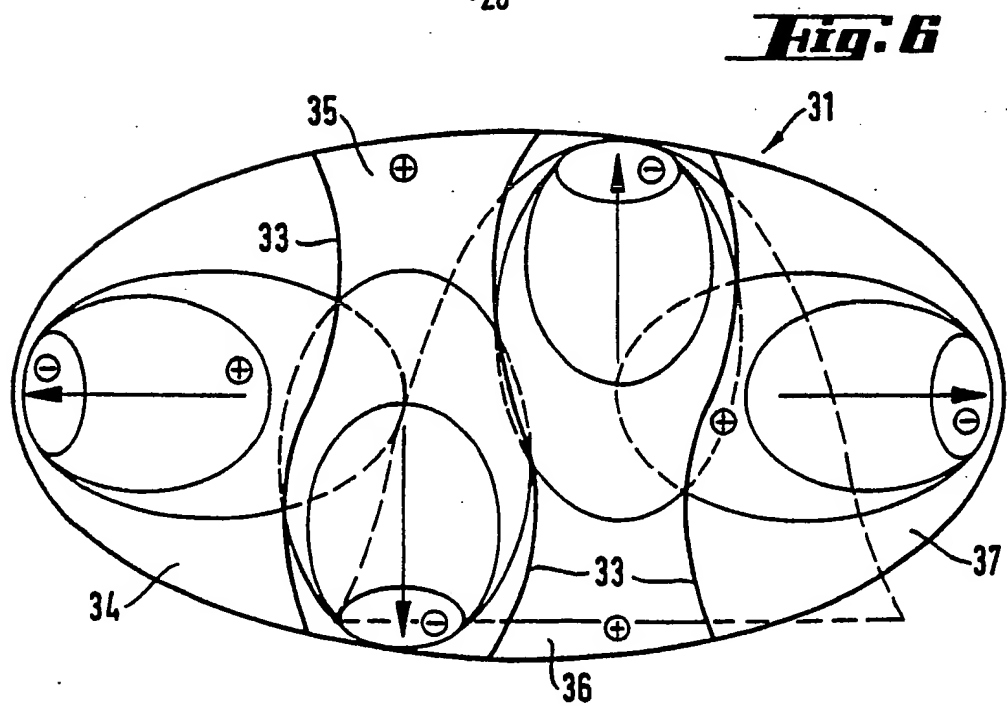
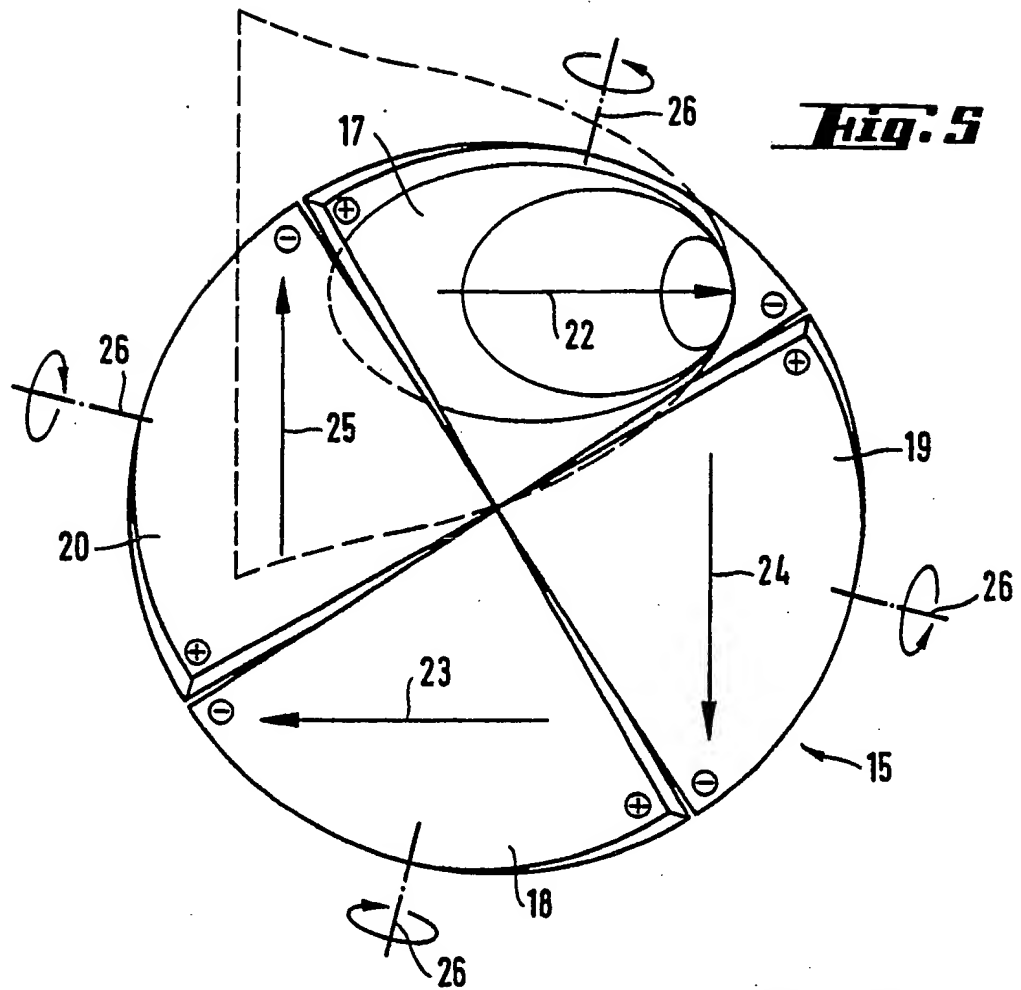


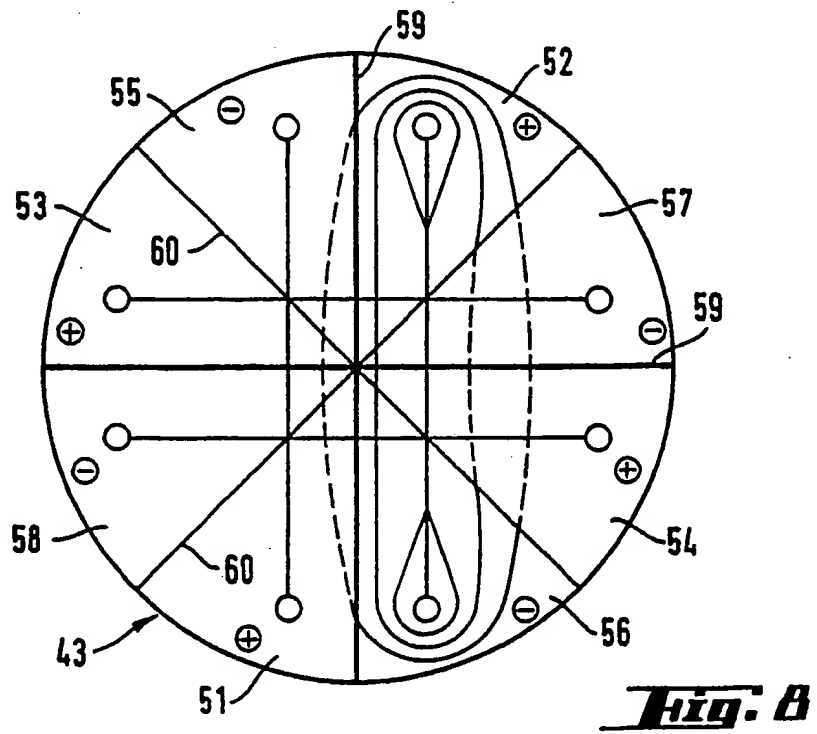
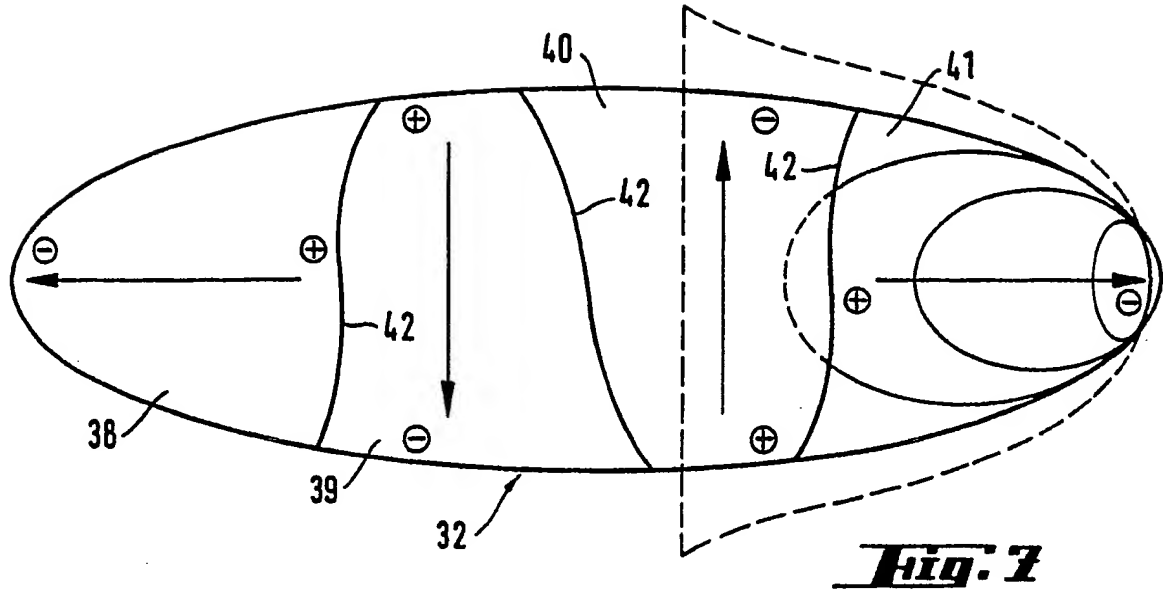
**Fig. 3**

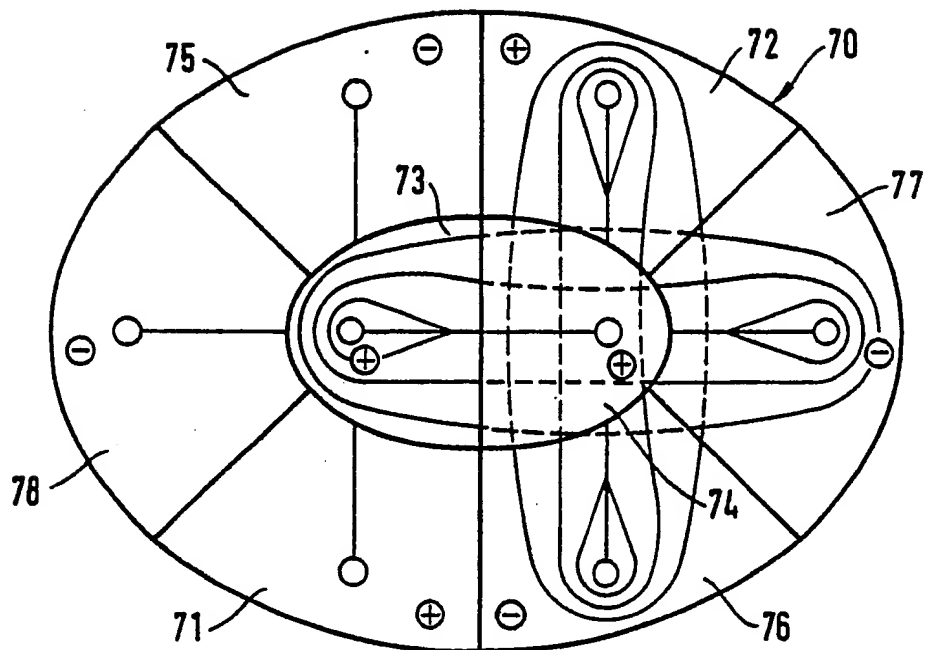


**Fig. 4**

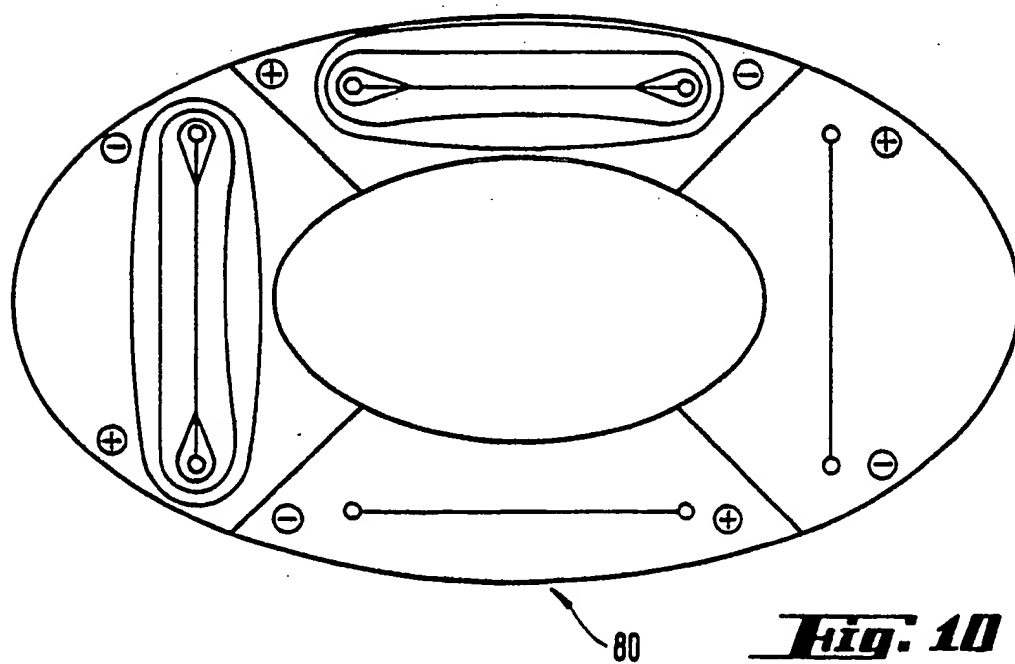








**Fig. 9**



**Fig. 10**



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 81 0645

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
D,A	US-A-3 457 401 (P. HOEKSTRA) * Spalte 3, Figuren 1-5 * & DE-A-1 547 414 - - - -	1,2,6,10	G 03 B 21/20 G 02 B 19/00
A	DE-C-5 615 73 (A.E.G.) * Seiten 1,2; Figuren 1-5 * - - - -	1	
A	US-A-2 817 997 (H. ULFFERS) * Spalten 3-5; Figuren 1-13 * - - - -	1	
A	FR-A-1 095 418 (RELIEF-COULEUR) * Seiten 3-5; Figuren 1-8 * - - - -	1	
A	US-A-4 537 478 (T.A. RICHTER) * Spalten 2,3; Figuren 1-4 * - - - -	1	
A	DE-B-1 014 836 (E. LEITZ) * Spalten 2,3; Figuren 1-5 * - - - -	1,6	
A	FR-A-1 394 183 (AMC ETS. BARBIER, BERNARD & TURENNE) * Seiten 1-3; Figuren 1-4 * - - - - -	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			G 03 B 21/20 G 02 B 19/00 G 02 B 5/08 H 04 N 5/74
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		03 Dezember 90	BOEYKENS J.W.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: mündliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			
E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, Übereinstimmendes Dokument			



57. On a lighting device for projection purposes, especially a film projector or television projector made according to the eidophor system, four condensers (4, 5) are arranged around a source of light (1) in a cube-shaped housing. Via tilted mirrors (10, 12), the condensers project an image of the light source (1) onto several reflecting mirror segments (17), which are arranged stereoscopically adjacently to one another and which, in turn, reflect the condenser images on top of each other onto an image aperture (30) of the projecting lens via an output mirror (27).

## LIGHTING DEVICE FOR PROJECTION PURPOSES

The invention concerns a lighting device for projection purposes, especially for a film projector or television projector made according to the eidophor system. It involves a panoramically radiating light source, around which several condensers, with their optic axes directed towards the light source, as well as deflecting mirrors, which correspond to the condensers and are tilted around an axis which runs perpendicular to the path of light in the plane, are arranged on a plane which cuts the light source in its center of radiation. By means of the condensers and reflecting mirrors, several images of the light source can be produced on a secondary light source surface which has adjacent, reflecting optical components. The secondary light source surface is located at a distance from the plane surface which runs through the light source, and has a lens that corresponds to it. Through this lens, the light of the secondary light source surface reaches the image field, as well as the entrance pupil of a projecting lens (which is subsequent in the path of rays), and the images of the condensers are projected on top of one another and mutually distorted in the plane of image field.

Such a lighting device is known from the DE-A1-1 547 414 and has - as a high-power light source - a xenon gas discharge lamp which radiates most brightly close to its cathode. Four condensers are arranged in a square (as viewed from the top) around the xenon gas discharge lamp, which is essentially rod-shaped. The condensers each consist of a spherical lens and another lens.

The light, which emanates from the condensers in four directions which run at right angles to one another, is turned inward in the direction of the extension of the light source's axis with the help of a deflecting mirror. It reaches four field lenses, which are arranged touching each other in a roof-like fashion and in which images of the light source are produced by means of the condensing lenses. In the process, the four images of the inhomogeneously radiating light source form a secondary light source with star-shaped brightness distribution in the field lenses, whereby the brightest parts of the images are as close as possible to the optical axis. The optical axis is located at the vertex of the borders of the four touching field lenses. That is why the already known device is adjusted so that the brightest areas of the arc images are located close to the edges of the field lenses, (which are

triangular in top view). Because the exact position of the brightest areas is critical, minor shifts in the position of the electric arc result in disturbing fluctuations of light intensity in the subsequent lenses.

From the field lenses, the condenser lenses are projected into an image aperture, to which an image aperture lens corresponds. This lens in turn produces a pattern of the star-shaped secondary light source in the projection lens. In this way, the outer perimeter of the light source images' star-shaped pattern should largely correspond to the circular form of the projection lens' entrance pupil as closely as possible in order to obtain good utilization of the pupil. If, however, there is an elliptical pupil shape instead of a square image field and a round pupil, as is the case when the bar system of a schlieren lens warps the circular pupil of the projection lens into an ellipse for an eidophor projector, for example, then a particularly disturbing loss of intensity results with the known lighting device.

The underlying purpose of the invention is to create a device of the sort mentioned in the beginning: a device which is characterized by high light efficiency, low sensitivity to shifts in the position of the electric arc, and good adaptability to different pupil forms.

The invention solves this problem by designing optical components in the secondary light source plane as adjacent segments, which are mutually interlaced along their edges, and by tilting deflecting mirrors - in regard to the surface plane spanned by the optical axes of the condensers - around axes which also overlap the overlapping of the corresponding segments.

Because the deflecting mirrors deflect incident light at a laterally displaced angle and not in a direction orthogonal to the middle of the surface spanned by the optical axes of the condensers, the condensers produce a secondary light source by imaging the light source. The secondary light source can easily be optimized with regard to its form and illumination by taking the brightness distribution in the electric arc and the shape of the entrance pupil of the subsequent lens into consideration.

When a xenon short arc lamp is used as a light source and the pupil of the lens subsequent to the lighting system is circular, the adjacent segments consist - according to one version of the invention - of spherical mirror elements, which are each formed by the quarters of a spherical mirror and are arranged directly

adjacent to one another, overlapping in a propeller or fanlike fashion. The mirror elements or segments point in a radial direction, each in the same directions as the optical axes through the condensers and the corresponding deflecting mirrors, but the light reaches - via a deflection mirror - a corresponding mirror element which is located closer to the adjacent deflecting mirror, in a direction vertical to the plane surface spanned by the condenser axes. In this case, the light source images do not form a star-shaped pattern as in the present state of the art mentioned earlier, but a pattern in the shape of a square ring, which, on the whole, permits a higher degree of light efficiency than the known star-shaped pattern does.

Useful versions and adaptations of the invention, which depend on the light source used, the image field, and the pupil of the subsequent projection lens, result from the subrequirements.

Below, sample designs of the invention are described in more detail using the illustration. Shown is:

- Fig. 1: a side view of the lighting device built according to the invention, shown in partial cross section, with three different sectional planes,
- Fig. 2: a top view of the arrangement of the condensers with the lighting device's overlapping deflection mirrors,
- Fig. 3: a view of the lighting device in the direction of Arrow III in Fig. 1, opposite the direction of the emerging light beam,
- Fig. 4: a diagram of the top view of the lighting device's mirror elements in the direction of Arrow IV in Fig. 1.
- Fig. 5: an enlarged view (in comparison to Fig. 4) of the mirror elements in the direction of Arrow IV in Fig. 1,
- Fig. 6: a schematic diagram of the top view, in the direction of the beam, onto an elliptically-shaped mirror element layout with an axial ratio of 1.85.
- Fig. 7: an illustration along the lines of Fig. 6 for an axial ratio of approximately 3,
- Fig. 8: a top view of a circular layout of mirror elements, with the arcs of a halogen metal vapor lamp shown,
- Fig. 9: a top view of a layout of mirror elements for a lighting device with a halogen metal vapor lamp and an axial ratio of 1.33 for the elliptical mirror element layout, and
- Fig. 10: a diagram of the top view of an elliptical mirror element layout for a lighting device with a halogen metal

vapor lamp and an axial radius of 1.78, for a subsequent mirror lens with central vignetting.

In Fig. 1, a diagram of a lighting device for projection purposes is shown with its lamp housing. The lighting device has a xenon short arc lamp (1), which is oriented along a major axis (100) and whose light should optimally be collected with the aid of the lighting device so that as much light as possible is fed into a bounded light channel. The shape and size of the light channel is determined by the image field and the pupil of the subsequent projecting lens, which is not represented in the illustration. The subsequent projection lens can be the lens of an eidophor, film, slide, or another light valve projector. Projectors of this kind have image apertures or image fields which have a rectangular or, in special cases, square form, which should be illuminated as homogeneously as possible with a well-defined decrease at the margin. The image field can be a slide, a frame of a film, or an electronically-produced image, such as is used in an eidophor projector, for example. The entrance pupils of the subsequent lenses can have the form of a circular disk, an elliptical disk, or - when using mirror lenses - can also have the form of a circular or elliptical ring.

Fig. 1 depicts the xenon short arc lamp (1), which serves as the light source for the lighting device, without the existing glass bulb. The xenon short arc lamp (1) contains an anode (2) and cathode (3) inside the glass bulb (which is not shown). When such a gas discharge lamp is operated, a very inhomogeneous distribution of brightness results, whereby the area of greatest brightness is located at the cathode (3), and the anode (2) causes vignetting, which in turn produces asymmetries in the brightness distribution of the image from one of the condensers impinged upon by the xenon short arc lamp.

In Fig. 1, a first condenser (4) to the right of the xenon short arc lamp (1) and a second condenser (5) to the left of the xenon short arc lamp (1) are recognized in a cross section cut through a plane which runs through the main axis (100). Each of the condensers (4, 5) can have several lenses. In particular, as shown in Fig. 1, they can consist of a meniscal (6) and an aspherical lens (7), whose optical axes run orthogonal to the main axis (100) and to the xenon short arc lamp's (1) longitudinal axis.

Since the xenon short arc lamp (1) emits light beams not only in the direction of the condensers (4, 5) which are illustrated in cross section in Fig. 1, but also in other directions

orthogonal to the main axis (100), a third (8) and fourth condenser (9) are planned. These can be seen from the top view in Fig. 2. The four condensers (4, 5, 8, and 9) surround the xenon short arc lamp (1) like a cube, whose center contains the electric arc and whose four sides are formed by the four condensers (4, 5, 8, and 9). Each respective condenser captures the light that is emitted into about a sixth of the total solid angle. The four condensers (4, 5, 8, and 9) are arranged with optical axes that run orthogonal to one another and to the main axis (100). They are also arranged with a narrow air gap in the direct vicinity of the xenon short arc lamp's (1) glass bulb, (not depicted in the illustration), and are mounted in a cubic housing. From the top and bottom of the cubic housing, the necks of the xenon short arc lamp's (1) glass bulb, which correspond to the anode (2) and cathode (3), protrude orthogonal to the plane of the drawing in Fig. 2.

As can be seen from Fig. 2, the edges of the condensers' (4, 5, 8, 9) meniscal lenses (6) touch each another along a narrow, curved surface. For this reason, the top view of a condenser (4, 5, 8, 9) in the direction of the optical axis, or a reflection, result in a condenser image which is essentially square with barrel-shaped edges. The biggest square that can be inscribed in the barrel-shaped, distorted square indicates the utilized area of the condenser image in the lighting system.

A first flat, adjustable deflecting mirror (10), which could possibly be a metal oxide vaporized mirror, corresponds to the first condenser (4). The mirror is depicted in cross section in Fig. 1, in a top view in the direction of the xenon short arc lamp's (1) longitudinal axis in Fig. 2, and in a rear view in the direction of the first condenser's (4) optical axis in Fig. 3. The deflecting mirror (10) is mounted to a rectangular, adjustable frame, which allows the first deflecting mirror (10) to be tilted and adjusted around at least two axes.

The first deflecting mirror (10) is located close to the first condenser (4), at an angle to its optical axis. Fig. 1 shows the first deflecting mirror (10) in cross section. The first deflecting mirror (10) is positioned with regard to the first condenser's (4) optical axis so that the beam of light emerging from the condenser (4) along the section plane and through the condensers (4, 5, 8, 9) is deflected by the first deflecting mirror (10) not only in the direction of the main axis (100), but also forwards out of the section plane.

The beam path illustrated in Fig. 1 thus travels from the xenon short arc lamp (1), to the first deflecting mirror (10) in the plane of the

drawing. Its farther course is above the illustrated plane, which runs through the longitudinal axes of the condensers (4 and 5) and the main axis (100) in Fig. 1.

The first deflecting mirror (10) is thus not only tilted around one axis at right angles to the illustrated plane, but is also tilted around a second axis within the illustrated plane. This is drawn in an exaggerated fashion in Fig. 2 in order to clarify the resulting overlapping. In Fig. 3, it can be seen how the light beam (11), which has been reflected by the first deflecting mirror (10), emerges laterally to the left out of the plane spanned by the xenon short arc lamp's (1) longitudinal axis, (i.e. the main axis (100)), and the first condenser's (4) optical axis.

A second deflecting mirror (12) is located on the side of the xenon short arc lamp (1) which lies opposite the first deflecting mirror (10). This second mirror (12) deflects the light beam coming from the second condenser (5) in Fig. 1 upwards and backwards out of the plane of the drawing. This second deflecting mirror (12) is likewise adjustable. The orientation which is necessary to achieve this deflection is illustrated in Fig. 2 in a somewhat exaggerated manner.

Fig. 2 also illustrates a third adjustable deflecting mirror (13) and a fourth adjustable deflecting mirror (14), which correspond to the third condenser (8) and the fourth condenser (9), respectively. In Fig. 3, these can be seen in a lateral section.

The optical axes of the condensers (4, 5, 8, and 9) lie on plane which is orthogonal to the main axis (100), and thus to the xenon short arc lamp's (1) longitudinal axis. This plane runs between their anode (2) and cathode (3). A collecting plate (15) is located above the plane formed by the optical axes of the condensers (4, 5, 8, 9), coaxial to the longitudinal axis through the xenon short arc lamp (1). It lies at a distance at which the condensers (4, 5, 8, and 9) produce an image of the electric arc from the xenon short arc lamp (1) that is magnified approximately by a factor of 10. From a top view, looking down towards the xenon short arc lamp (1), the collecting plate (15) has the form with a circular outline shown in Fig. 4. The collecting plate (15) thus extends horizontally towards the vertical plane spanned by the optical axes of the condensers (4, 5, 8, and 9). The collecting plate (15) consists of a spherical mirror, preferably a metal oxide vaporized mirror, which is divided into a first segment (17), second segment (18), third segment (19), and fourth segment (20) along the separating lines (16) visible in Fig. 4. The segments (17, 18, 19, 20) thus form quarter segments, or reflecting spherical mirror elements.

The segments (17, 18, 19, 20) are mounted to a quadratic frame, which is not illustrated in the drawing. The frame permits the turning or tilting of the segments (17, 18, 19, 20) around two axes which are orthogonal to one another and to the main axis (100) in the plane of the frame.

In Fig. 4, the image of the arc from the xenon short arc lamp (1) produced by the first condenser (4) is represented schematically by equiluminance lines in the first segment (17) of the collecting plate (15). The image of the arc thereby extends along a secant of the circular outline of the collecting plate (15). The brightest region of the image of the arc lies at the right, close to the separating line (16) between the first segment (17) and the third segment (19).

In Fig. 1, the first segment (17) of the collecting plate (15), upon which a first image of the arc from the xenon short arc lamp (1) is produced with the help of the first condenser (4), is depicted by itself and in cross section. Here, the section plane runs opposite the section plane through the condensers (4, 5), viewed from a direction somewhat displaced towards the front, along the line of intersection (21) illustrated in Fig. 4. Fig. 3 shows a front view of the first segment (17), along the separating line (16) to the third segment (19), without the other segments (18, 19, 20). Figs. 1 and 3 are supposed to illustrate how the first segment (17) is tilted around two axes which are orthogonal to the main axis (100), so that the four segments (17, 18, 19, 20) are arranged like a fan or propeller with individual blades that mutually overlap. By rotating the segments (17, 18, 19, 20) around a first axis of revolution along their bisectors and along a second axis which runs at right angles to each of their bisectors, the distortion of the beam path, which was produced by the overlapping deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), is compensated in such a way that the light from all four beams, each coming from a different direction, is brought together in the image field.

The first deflecting mirror (10) in the beam path of the first condenser (4) is oriented so that the arc image is reflected onto the first segment (17), which points in the direction of the fourth deflecting mirror (14), and not onto the third segment (19), which points in the direction of the first deflecting mirror (10). This way, the arc image, which is illustrated at the bottom of Fig. 4, extends along the line of intersection (21) or along a secant of the collecting plate (15) and not along a radius of the collecting plate (15). Here, the segments (17 to 20) should preferably be oriented so that the projections of their

bisectors onto the plane spanned by the optical axes of the condensers (4, 5, 8, 9) point in the same directions as the optical axes of the condensers (4, 5, 8, 9).

In Fig. 5, the collecting plate (15) with its segments (17 to 20) is recognized in an enlarged view from below, (i.e. in a direction opposite the arrow IV in Fig. 1). The arc image, which is produced on the first segment (17) with the help of the first condenser (4), is depicted likewise at the top of Fig. 5 by its equiluminance lines. In addition, the equiluminance lines lying outside of segment (17) are represented by dashed lines. Along with the arc image, an arc image arrow (22), which points at the brightest region of the arc image, is shown to symbolize the arc image. The direction of the arrow thereby indicates the orientation of the arc image.

The beam reflected by the second deflecting mirror (12) reaches the second segment (18) of the collecting plate (15). The second segment (18) is not illustrated in Fig. 1, but is shown in Figs. 4 and 5. As a result of the orientation of the second deflecting mirror (12), the second arc image runs along the arc image arrow (23) onto the second segment (18), (which lies opposite the first segment (17). It runs parallel to it, but with opposite orientation.

Similarly to the manner in which arc images were produced on segments 17 and 18 with the aid of condensers (4 and 5) and deflecting mirrors (10) and (12), arc images are produced on segments (19) and (20) by condensers (8 and 9). In Fig. 5, these arc images are symbolized by a third (24) and a fourth arc arrow (25).

In Fig. 5, it is seen that the arc images are located along a rectangular ring. By positioning the arc images along the secants instead of along the bisectors of the segments 17 to 20, a greater amount of light can be collected by the collecting plate (15) and thus be transmitted farther than if the brightest regions were each located close to the midpoint of the collecting plate (15) and the arc images were each oriented assigned to the bisectors of segments 17 to 20. The twisted ray path described above, around the main axis (100) and the vertical line which runs through the xenon short arc lamp's (1) longitudinal axis onto the plane which is formed by the optical axes of the condensers (4, 5, 8, 9), therefore permits the condensers (4, 5, 8, 9) to reflect the arc of the xenon short arc lamp (1) via the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14) onto the corresponding segments (17, 18, 19, 20) of the collecting plate (15) in such a way that as many of the brightest portions of the arc as possible come to lie on each respective segment

(17, 18, 19, 20). The total amount of light which hits a given surface is thus maximized.

Segments 17 to 20 are reflecting mirrors which permit the condenser images from the condensers (4, 5, 8, and 9) to be turned 90 degrees to each other, and on top of one another, if the propeller-like segments 17 to 20 are adjusted to overlap so that the light, coming towards them from different directions from the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), is turned around into a single, combined image field. In Fig. 5, the alignment axes (26) along the bisectors of segments 17, 18, 19, and 20 are shown along with rotational arrows. These arrows indicate how the individual segments (17, 18, 19, 20) have to be tilted so that the condenser images produced on top of one another in the image field by the segments (17, 18, 19, 20), and the arcs representing the four secondary light sources, are projected next to one another into the entrance pupil of the subsequent lens.

In addition to being rotated around the alignment axes (26), the segments (17, 18, 19, 20) must also be slightly tilted around axes which are orthogonal to the alignment axes (26). Without the necessary overlapping of segments 17 to 20, these would form the surface of a concave mirror. In order to illustrate the differences to such a concave mirror as a result of the rotations around the alignment axis (26), Fig. 5 shows plus signs at the places where the segments (17, 18, 19, 20) are rotated outside of the plane of the drawing. Similarly, minus signs indicate the places where the segment surfaces lie beneath a continuous spherical mirror surface.

As can be seen in Figs. 1 and 3, the light from the arc images which serve as secondary light sources and which is reflected from the segments (17, 18, 19, 20) reaches an output mirror (27) for all segments (17, 18, 19, 20). The output mirror (27) is shown in Figs. 1 and 3. The output mirror (27) combines the incident light from segments (17, 18, 19, 20) of the collecting plate (15) orthogonal to the main axis (100) towards the subsequent light channel. As can be seen from Figs. 1 and 3, the central beam of the bundle of rays coming from segment (17) travels at a distance from the main axis (100) and approaches it more closely, the closer it approaches the output mirror (27). The output mirror (27) is shown in cross section in Fig. 1, with a section plane that lies between the section plane through the deflecting mirrors (10, 12) and the section plane through the first segment (17). After being reflected at the output mirror (27), the central beam (29), coming from the output mirror (27), more closely approaches the plane

which is spanned by the main axis (100) and the optical axes of the condensers (4 and 5), until it reaches the image aperture (30), schematically shown in Fig. 1. Here, in the image aperture (30), the condenser images, which were produced by the segments (17, 18, 19, 20) and have been distorted into barrel-shaped squares, are projected. For example, a field lens and a slide can be placed at the site of the image aperture (30) in the lighting device being described. The slide would be illuminated with high light intensity and homogeneity by the four condenser images, each of which had been rotated by 90 degrees. The slide could then be projected by a lens (not shown in the illustration), by which the images of the secondary light sources from the collecting plate (15) would be reflected by the field lens mentioned above, within the circular entrance pupil or opening of the projection lens.

If the image field is not square, but rectangular, and the shape of the pupil of the subsequent lens is not circular, but elliptical, it is advisable to use an elliptical-shaped collecting plate (31) (as in Fig. 6) or an elliptical-shaped collecting plate (32) (as in Fig. 7) instead of a circular collecting plate (15), in order to achieve high light efficiency. For an optimal illuminating lens, it must taken into consideration that certain optical elements greatly change the pupil shape of a projecting lens. For example, a bar system, as used in the schlieren lens of the eidophor system, distorts the circular pupil of the projecting lens into an ellipse with an axial ratio of 2.5 : 1.

When a rectangular image aperture (30) is to be illuminated, it is advantageous to use an anamorphic illuminating lens, which transforms the square condenser images into rectangular condenser images of the desired aspect ratio and correct size. By employing such an anamorphic illuminating lens, the subsequent circular pupil of the projecting lens is distorted into an ellipse, when looking backwards. The outline of the collecting plates (31 or 32) depends on the image of the pupil. The anamorphic illuminating lens can be placed in the path of rays between the output mirror (27) and the image aperture (30) as a separate optical system. But it is also possible to integrate the first cylindrical lens of an anamorphic system into the collecting plate and the second cylindrical lens into the output mirror, instead of arranging all components between the output mirror (27) and the image aperture (30).

The elliptical collecting plate (31), shown from the top view in Fig. 6, has an axial ratio of 1.85. This ratio corresponds to one of the standards for 35mm movie film. The

separating lines (33) between the segments (34, 35, 36, 37) run along curves in the case of the collecting plate (31), not along straight lines as in the case of the circular shaped collecting plate (15). The location of the separating lines (33) is selected so that the entire light efficiency is maximized and the desired pupil shape is kept. The form of the separating lines (33) in Fig. 6 was determined by drawing the four arc images with their equiluminance lines, as can be seen in Fig. 6, and then connecting the intersection points of the equiluminance lines to produce the separating lines (33). Such a procedure results in the segments seen in Fig. 6, which overlap in the way which is illustrated by the plus and minus signs. The segments are spherical mirror elements, as well. The position of the arc images is illustrated accordingly by arrows in Fig. 5. When the arc images are oriented and positioned as illustrated in Fig. 6, optimal total light efficiency, distributed over the elliptical collecting surface, results.

When an elliptical collecting surface is required for an axial ratio of approximately 3, which can be the case in a television projection system, for example, it is necessary to distribute the arc image further in the direction of the ellipse's main axis. Such an arrangement can be seen in Fig. 7. Here the separating lines (42) in turn represent the connecting lines between the intersection points of the equiluminance lines of the various arc images, whose orientation and position are as shown. A specialist will recognize that it is possible to determine optimal separating lines (33 or 42) by enlarging the arc images in an appropriate manner and orienting and arranging them on an elliptical surface. The separating lines (1) are formed so that as much light as possible can be collected in a given light channel. The asymmetrical distribution of the arc image from a xenon short arc lamp has been taken into consideration in the collecting plates mentioned above (15, 31, and 32).

If a halogen metal vapor lamp with an arc image that has two centers of gravity is to be used instead of a xenon short arc lamp, a particularly high degree of light efficiency results when a collecting plate (43) with a round-shaped pupil, designed and illuminated according to Fig. 8, is used. Like the circular or elliptical collecting plates described before, the collecting plate (43) consists of reflecting segments (51 to 58). In contrast to the segments 17 to 20 of collecting plate 15, these are made up of eighths of a spherical mirror. The straight separating lines between the segments (51 to 58) form a main cross (59) and a secondary cross (60),

rotated at an angle of 45 degrees in relation to the former. As seen in Fig. 8, the arc images are arranged in pairs along one axis of the main cross, laterally displaced to one another. The arc image, depicted with its equiluminance lines in Fig. 8, is reflected by the third condenser (8) onto segments (52 and 56) via the third deflecting mirror (13). The minus sign in segment (56) indicates that this segment is tilted out below the plane of the drawing and the plus sign in segment (52) indicates that it is tilted out above the plane of the drawing, where it can reach the later merging point of the light beams. The arc image produced by the first condenser (4) extends over segments (53 and 57), the arc image produced by the second condenser (5) extends over segments (54 and 58), and the arc image produced by the fourth condenser (9) extends over segments (51 and 55). When the arc images have the orientation, position, and size shown in Fig. 8, maximal light efficiency results for a round pupil.

In a manner similar to the previous drawings, Fig. 9 illustrates the arrangement and illumination of an elliptical collecting plate for a halogen metal vapor lamp with an axial ratio of 1.33, as is used in slide projectors, for example. As seen in Fig. 9, an adjustment of the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14) is provided in order to distribute light over the collecting plate (70). The mirrors are adjusted so that two arc images lie laterally displaced from the secondary axis and two arc images are longitudinally displaced onto the main axis of the ellipse. The segments (71 to 78) each have the form which can be seen in Fig. 9 and the mutual overlapping illustrated by plus and minus signs in Fig. 9. The equiluminance lines of the arc images which correspond to segments (72 and 76), on the one hand, and to segments (73 and 77), on the other, are represented in Fig. 9, as well. The orientation of the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14) is such that the first deflecting mirror (10) points towards segments (73 and 77), the second deflecting mirror (12) points towards segments (74 and 78), the third deflecting mirror (13) points towards segments (72 and 76), and the fourth deflecting mirror (14) points towards segments (71 and 75). This results in the overlapping of the arc images which are depicted in Fig. 9.

If the subsequent projecting lens is a mirror lens with central vignetting, the center part of the ellipse must vanish. In Fig. 10, an elliptical collecting plate with an axial ratio of 1.78 is depicted for just such a case. The orientation of the individual segments of the collecting plate (80) can be seen from the plus

and minus signs. The position of the arc images is illustrated by the corresponding equiluminance lines for two arc images, and by circles (corresponding to Figs. 8 and 9) for two further arc images. The circles symbolize the brightest regions of the arc images and are connected to one another by straight lines. As can be seen in Fig. 10, the individual arc images are arranged along a ring similarly to collecting plate (15). In this manner, the next segment along the ring, and not the segment which lies directly above the respective deflecting mirror, is irradiated by the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14) (as is the case with collecting plate (15)).

## Requirements

1. Lighting device for projection purposes, especially for a film projector or television projector made according to the eidophor system. It involves a panoramically radiating source of light, about which four condensers, with their optic axes directed towards the source of light, as well as deflecting mirrors assigned to the condensers, and are tilted around an axis which runs perpendicular to the path of light in the plane, are arranged on a plane which cuts the source of light in its center of radiation. By means of the condensers and reflecting mirrors, four images of the light source can be produced on a secondary light source surface which has adjacent, reflecting optical components. The secondary light source surface is located at a distance from the plane surface which runs through the light source, and has a lens assigned to it. Through this lens, the light of the secondary light source surface reaches the image field, as well as the entrance pupil of a projecting lens (which is subsequent in the path of rays). Through this same lens, the images of the condensers are projected on top of one another and mutually distorted in the image field plane. The device is characterized by optical components which are planned in the secondary light source surface and are designed as adjacent segments (17 to 20, 34 to 41, 51 to 58, 71 to 78), whose edges (16, 33, 42, 59, 60) mutually overlap. It is additionally characterized by the tilting of the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), with respect to the plane spanned by the optical axes of the condensers, around axes which also mutually overlap corresponding to the overlapping of the corresponding segments.

2. Lighting device according to Requirement 1, characterized by: the segments (17 to 20, 34 to 41, 51 to 58, 71 to 78), which are made up of

lenses which reflect the condenser images on top of one another.

3. Lighting device according to Requirement 1, characterized by: the segments (17 to 20, 34 to 41, 51 to 58, 71 to 78), which are composed of mirror segments.

4. Lighting device according to Requirement 3, characterized by: the mirror segments (17 to 20, 34 to 41, 51 to 58, 71 to 78) and/or the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), which are designed as metal oxide vaporized mirrors.

5. Lighting device according to Requirement 4, characterized by: the mirror segments (17 to 20, 34 to 41, 51 to 58, 71 to 78), which have lens carriers that are designed as infrared convex lenses.

6. Lighting device according to one of the above requirements, characterized by: the adjacent segments (17 to 20, 34 to 41, 51 to 58, 71 to 78), which all have the same outline, the shape of which is adapted to the shape of the entrance pupil of the subsequent lens.

7. Lighting device according to one of the above requirements, characterized by: an output mirror (27), which is planned in the beam path (28, 29) between the secondary light source surface (15, 31, 43, 70, 80) and the image field, aligned perpendicular to the beam path (28).

8. Lighting device according to Requirement 1, characterized by: the light source (1), which is a short arc lamp, and the secondary light source surface (15), which has reflecting spherical mirror elements (17 to 20), which each correspond to a quarter segment of a spherical mirror, mutually overlap in a propeller-like fashion, and are slightly tilted towards the mirror axis; the four condensers (4, 5, 8, 9) and four deflecting mirrors (10, 12, 13, 14) are planned. These mirrors and condensers have their positions adjusted so that the four similar inhomogeneous light source images are reflected onto the mirror elements (17 to 20) along a closed ring, from one mirror element to the next, with regard to the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14); the mirror elements (17 to 20), which in turn reflect four condenser images, each of which is rotated at 90 degrees to the other, on top of one another into the image field (30).

9. Lighting device according to Requirement 1, characterized by: the light source, which is a halogen metal vapor lamp, and the secondary light source surface (43), which has reflecting spherical mirror elements, each of which corresponds to an eighth segment of a spherical mirror; the separating lines between the segments (51 to 58), which form a main cross (59) that points in the directions of the deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), and a secondary cross (60)



rotated at an angle of 45 degrees in relation to the former, the four deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), which are adjusted so that the four arc images each extend along, and laterally displaced opposite, a continuous arm of the main cross (59); the corresponding mirror segments (51 to 58), which are each bordered unilaterally by a continuous arm of the main cross (59) and are arranged in pairs, and which overlap one another so that the four condenser images produced by the mirror elements (51 to 58) overlap in the image field (30).

10. Lighting device according to Requirement 1, characterized by: the light source, which is a short arc lamp with four condensers; an anamorphic illuminating lens, which is planned in the beam path, in order to transform a square condenser image into a rectangle; the secondary light source surface (31, 32), which has an outline in the shape of an ellipse and is partitioned along curved lines (33) into segments (34 to 41).

11. Lighting device according to Requirement 10, characterized by: the four deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), which are adjusted so that two light source images, which are longitudinally displaced, are reflected into the middle of the ellipse, perpendicular to its main axis, and a light source image is reflected in the region of the ends of the main axes, along the main axes, with the respective brightest areas pointing outwards.

12. Lighting device according to Requirement 10, characterized by: the curved lines (33) between the segments (34 to 41), which join the intersection points of lines of equal brightness of adjacent images of the light sources.

13. Lighting device according to Requirement 1, characterized by: the light source, which is a halogen metal vapor lamp with four assigned condensers (4, 5, 8, 9); an anamorphic illuminating lens, which is planned in the beam path in order to transform a square condenser image into a rectangle; the secondary light source surface (70, 80), which has an outline in the shape of an ellipse and is partitioned into segments along straight lines and a concentric inner ellipse.

14. Lighting device according to Requirement 13, characterized by: the four deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), which are adjusted so that two arc images lie laterally displaced from the secondary axis and two arc images lie longitudinally displaced on the main axis of the ellipse (70).

15. Lighting device according to Requirement 13, characterized by: the four deflecting mirrors (10, 12, 13, 14), which are adjusted so that the

four arc images are reflected along an elliptical ring (80).